

**Розробка методології системного аналізу, моделювання та оцінювання фінансових ризиків.**

**Разработка методологии системного анализа, моделирования и оценивания финансовых рисков.**

**Development the system analysis methodology for modeling and assessment of financial risks.**

**1. Номер державної реєстрації теми – 0115U000356,**

**2. Науковий керівник - д.т.н., проф. Бідюк П.І., Бидюк П.И., Bidyuk P.I.**

**3. Суть розробки, основні результати.**  
**(укр.)**

Запропоновано методику оцінювання ризику із використанням принципів системного аналізу для фінансових процесів. Запропонований оригінальний підхід складається з наступних етапів: (1) оцінка фінансового стану, фінансових результатів діяльності, ефективності та ділової активності суб'єкта аналізу; (2) аналіз вхідних даних з метою визначення типів невизначеностей за структурою та параметрами; (3) побудова математичної моделі оцінювання поточного і перспективного станів суб'єкта, для визначення ризиків; (4) створення наборів кандидатів-сценаріїв розвитку процесу та вибір оптимального. При цьому використовується новий метод апроксимації функції втрат, що дозволяє враховувати нелінійні властивості вхідних даних процесу. Реалізований пакет прикладних програм, в середовищах SAS Base, SAS IML та SAS / SQL, в яких використано методи оцінювання можливих втрат за методикою VaR та її модифікаціями. Інформаційна технологія реалізована у вигляді пакету прикладних програм на основі використання сучасних кросплатформених принципів побудови інформаційних систем, що надає можливість імплементувати запропоновану методику системного аналізу, реалізовані методи, підходи та математичні моделі в інших інформаційних системах обробки даних. Вибрано статистичні дані для виконання обчислювальних експериментів, спрямованих на аналіз типів розподілів ймовірностей, виявлення закономірностей розвитку вибраних процесів та ефектів, зумовлених внутрішніми особливостями фінансових організацій та зовнішніми випадковими впливами. Створено методику комбінування результатів прогнозування втрат, отриманих за допомогою різних методів моделювання. Методика ґрунтується на застосування методів зваженого комбінування оцінок та оптимізаційного підходу, який забезпечує обчислення оптимальних вагових коефіцієнтів. Отримані позитивні чисельні результати використання запропонованої методики, що була застосована до аналізу фактичних фінансових даних. Знайдені оцінки можливих втрат узгоджуються з фактичними даними фінансового підприємства.

**(рус.)**

Предложена методика оценки риска с использованием принципов системного анализа для финансовых процессов. Предложен оригинальный подход состоит из следующих этапов: (1) оценка финансового состояния, финансовых результатов деятельности, эффективности и деловой активности субъекта анализа; (2) анализ исходных данных с целью определения типов неопределенностей по структуре и параметрам; (3) построение математической модели оценки текущего и перспективного состояний субъекта, для определения рисков; (4) создание наборов кандидатов-сценариев

развития процесса и выбор оптимального. При этом используется новый метод аппроксимации функции потерь, позволяет учитывать нелинейные свойства входных данных процесса. Реализован пакет прикладных программ, в средах SAS Base, SAS IML и SAS / SQL, в которых использованы методы оценки возможных потерь по методике VaR и ее модификациями. Информационная технология реализована в виде пакета прикладных программ на основе использования современных кроссплатформенных принципов построения информационных систем, дает возможность имплементировать предложенную методику системного анализа, реализованные методы, подходы и математические модели в других информационных системах обработки данных. Выбраны статистические данные для выполнения вычислительных экспериментов, направленных на анализ типов распределений вероятностей, выявление закономерностей развития выбранных процессов и эффектов, обусловленных внутренними особенностями финансовых организаций и внешними случайными воздействиями. Создана методика комбинирования результатов прогнозирования потерь, полученных с помощью различных методов моделирования. Методика основывается на применении методов взвешенного комбинирования оценок и оптимизационного подхода, который обеспечивает вычисление оптимальных весовых коэффициентов. Полученные положительные численные результаты использования предложенной методики, которая была применена к анализу фактических финансовых данных. Найденные оценки возможных потерь согласуются с фактическими данными финансового предприятия.

(eng.)

The method of risk assessment was proposed for analysis the financial processes using the principles of systems analysis. Developed original approach includes following steps: (1) the assessment of the financial state, efficiency and business activity the analyzed subject; (2) the analysis of input data for identification structure and parameters uncertainties; (3) building the mathematical models for assessment the current and forecasting future states for risks calculation of the subject under study; (4) creating the set of candidates-scenarios of process and choosing the optimum decision. New methods for approximating loss function were developed to solve the described task. Those methods take into account nonlinear properties of the input data for the process. The methods for assessing possible losses based on the VaR methodology and its modifications were realized as a software application using contemporary environments SAS Base, SAS IML and SAS / SQL. The information technology uses contemporary principles of building cross-platform information system that enables to implement the proposed system analysis method, implemented methods, approaches and mathematical models in other information systems. Selected statistics for performing computational experiments, which aimed for analyzing the types of probability distributions, identification patterns of selected processes and effects caused by domestic financial institutions and features of random external influences. The method for assembling the forecasting results of losses obtained by various modeling techniques. The method is based on the application of a weighted combination of assessments and optimization approach that provides optimal computing weights. The proposed methods were applied for the analysis of real financial statistical data. The positive results of the numerical experiment were obtained. The estimation of possible losses corresponds to the actual financial data.

#### **4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності.**

- Авторське свідоцтво 64117 України. Комп'ютерна програма "IMLBayesNet" [Текст] / О. М. Терент'єв, П. І. Бідюк, В. Е. Кириченко, Н. О. Святицька (Україна). – № 64562; заявл. 17.12.2015; опубл. 16.02.2016, Бюл.№39. <http://sips.gov.ua/ua/bulleten-copyright-digital-ver>
- Патент 100283 Україна, МПК G06K 9/00. Спосіб розпізнавання образів / О. С. Меньяйленко, П. І. Бідюк, О. І. Захожай; власник ДЗ "Науково-навчальний

## **5. Порівняння зі світовими аналогами.**

Розробка відповідає світовому рівню. Розроблена методика оцінювання ризику із використанням принципів системного аналізу для фінансових процесів безумовно знайде використання при побудові різноманітних математичних моделей при вирішенні задач, що характеризуються даними з довільним ймовірнісним розподілом та узагальнено її на випадок наявності невизначеностей вихідної інформації. Запропоновані алгоритмічні процедури оптимізації формування портфелю можуть використовуватися для оцінювання ризиків в фінансових установах, банках та міністерствах.

## **6. Економічна привабливість для просування на ринок (вартість реалізації проекту, терміни впровадження та окупності, показники).**

Застосування розробленої методики оцінювання ризику та програмного модуля надають можливість значно підвищити точність оцінювання очікуваних збитків з використанням псевдовипакових змінних, розподілених за композицією еліптичних законів, дозволяють дисконтувати очікуваний прибуток і зважувати альтернативні види капіталовкладень. Як наслідок це підвищує точність прогнозування завдяки використанню у промисловій експлуатації нових математичних моделей за рахунок:

- зменшення рівня прибутку при вирішенні задач портфельного інвестування на 5-10% (банки, інвестиційні компанії);
- підвищення точності прогнозування фінансово-економічних показників на 10-15% у порівнянні із стандартними підходами (банки, торгівля, міністерства державного планування);
- скорочення на 25% працівників аналітичних служб при побудові аналітичних моделей ризиків (ІТ, банки, торгівля, державні установи та міністерства);
- реалізована комп'ютерна програма побудови та моделювання ризиків відповідає світовим аналогам; схожі аналітичні системи коштують від 10 000 до 250 000 €, залежно від типу ліцензії та комплектації, наприклад, російська Prognoz, американський IBM SPSS та британський FICO.

## **7. Потенційні користувачі (галузі, міністерства, відомства, підприємства, організації).**

На основі запропонованої інформаційної технології спроектовано і реалізовано програмний продукт, що може використовуватися як в органах державної статистики і планування, інститутах та міністерствах для формування та реалізації інженерії знань, так і на комерційних підприємствах, банках та торговельних компаніях, з метою розв'язання задачі формування портфеля фінансових інструментів, який відрізняється від існуючих аналогів тим, що враховує нелінійні характеристики і особливості ймовірнісних розподілів факторів ризику, невизначеність вихідної інформації та реальну вартість капіталу.

Одним із сучасних актуальних прикладних напрямів використання результатів виконання НДР є впровадження результатів в рамках державних проєктів, щодо автоматизації аналітичних систем служб органів влади та державних підприємств.

## **8. Стан готовності розробки (лабораторний або промисловий зразок, технічна документація, бізнес-план, готова до впровадження).**

Розробку реалізовано у вигляді модуля комп'ютерної програми IMLBayesNet, призначеної для аналіз вхідних даних з метою визначення типів невизначеностей за структурою та параметрами та побудова математичної моделі оцінювання поточного і

перспективного станів суб'єкта, для визначення ризиків. Розробка готова для впровадження у системи спеціалізованого та загального використання.

## **9. Існуючі результати впровадження.**

Результати роботи впроваджено ТОВ «САС Інстїтют Ел.Ел.Сі.» (акт впровадження від 28.09.2016). у вигляді модуля системи підтримки прийняття рішень із використанням методу апроксимації функції втрат, що дозволяє враховувати нелінійні властивості вхідних даних процесу. Це надало змогу підвищення точності прогнозування фінансово-економічних показників на 10-15% при вирішенні фінансово-економічних задач. Окрім цього результати роботи впроваджено у навчальний процес Херсонського національного технічного університету, Херсонського морського інституту та Національного технічного університету «Київський політехнічний інститут».

За матеріалами роботи захищено три кандидатські дисертації за темами: “Моделі і методи оцінювання кредитоспроможності фізичних осіб”, “Оцінювання рівня передачі радіонуклідів з ґрунту у рослини за допомогою динамічної мережі Байєса” та “Моделювання часових рядів з використанням фрактального броунівського руху”. Окрім цього одна докторська дисертація за темою “Інформаційні технології динамічного планування та прийняття рішень на основі ймовірно-статистичних методів”.

Результати роботи впроваджено в навчальний процес при викладанні курсів в ННК “ІПСА”: «Введення в інтелектуальний аналіз даних» (розділ «Системи скорінгу кредитного ризику»), «Байєсівські мережі та дерева рішень» (розділ «Ймовірнісний висновок в системах підтримки прийняття рішень») та «Прикладна статистика» (у вигляді заняття з комп'ютерного практикуму за темою математичного моделювання ризику).

Отримано один патент та одне авторське свідоцтво на комп'ютерну програму. Оpubліковано дві монографії. Оpubліковано 21 статтю (з них 18 – в журналах із наукометричних БД), опубліковано 33 доповіді на 15 міжнародних конференціях. Результати роботи представлені на всеукраїнському конкурсі наукових робіт. Оpubліковано один навчальні посібники з грифом НТУУ «КПІ», захищено 20 магістерських робіт, 10 дипломних робіт спеціаліста.

## **10. Форма участі інвестора (яка краща форма участі в реалізації результатів проекту інвестора: частка в проекті%, частка від прибутку%, інше)**

Найкраща форма участі інвестора – процент від економічної вигоди, що досягається ефектом зменшення фінансово-економічних втрат при використанні запропонованих моделей, підходів та алгоритмів у вигляді комп'ютерної програми.

## **11. Обсяг інвестицій (необхідна для результатів проекту сума інвестицій в доларах США).**

Загальний обсяг інвестицій сягає 50 000 доларів США та складається з двох частин (1) витрати на оплату праці фахівців при впровадженні системи і налаштуванні, та (2) покупка ліцензії аналітичної платформи SAS Foundation.

## **12. Мета інвестицій (розширення бізнесу, створення нового підприємства, інше).**

Мета інвестицій може включати як створення нового підприємства з надання інформаційно-аналітичних послуг та ризик-менеджменту, так і розширення вже існуючих підприємств або підрозділів інвестора за рахунок створення нових напрямків діяльності пов'язаних з впровадженням систем фінансового аудиту та ризиків.

## **13. Назва підрозділу, телефон, e-mail.**

14. Фото або декілька слайдів презентації з фото розробки в електронному вигляді (рекламного характеру). Якщо фото надається окремим файлом, бажано використовувати JPEG формат.



Рис. Схема мережі інформаційно-аналітичної системи.

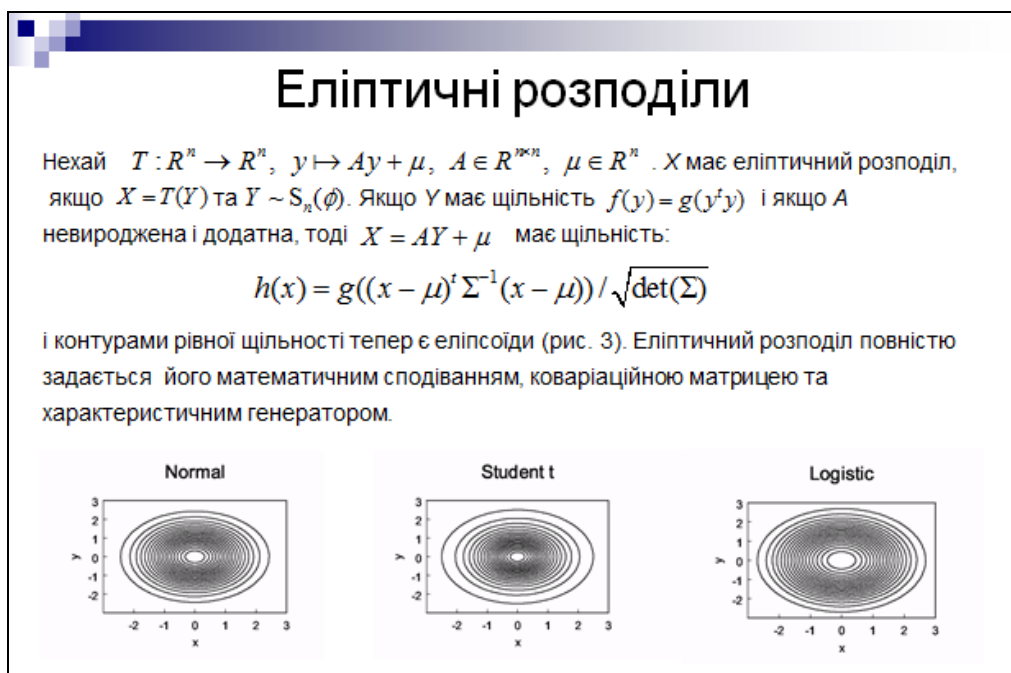


Рис. Контури однакої щільності еліптичних розподілів.

# Аналіз розподілів часових рядів індексів хедж-фондів

Вид стратегії (2005-2015 рр.)	Нормальний закон		$\alpha$ - стійкий закон			Закон Стюдента		
	$\rho$	P	$\rho$	P	$\alpha$	$\rho$	P	t
Distressed securities	17,26	0,15	7,53	0,8	1,76	7,391	0,8	5
Emerging markets	9,75	0,71	9,29	0,71	1,89	30,91	0,001	9
Event Driven	13,77	0,35	7,65	0,79	1,82	6,67	0,9	7
Fixed Income Arbitrage	12,85	0,5	14,52	0,3	1,83	26,222	0,01	6,6
Global markets	16,1	0,15	11,639	0,6	1,75	13,229	0,35	4,8
Long/Short Equity	20,58	0,05	6,026	0,9	1,73	19,231	0,05	5
Managed Futures	14,6	0,3	12,8	0,5	2,0	14,899	0,3	13
Risk Arbitrage	10,87	0,65	9,5	0,7	1,81	10,431	0,64	7
Multi Strategy	16,68	0,15	9,593	0,7	1,84	13,713	0,35	5,2
Convertible Arbitrage	15,95	0,2	13,85	0,4	1,86	10,675	0,65	7

Перевірка гіпотез про розподіл часового ряду ( $\rho$  - значення функції відхилення, P – відповідне значення  $\chi^2$ ,  $\alpha$  – параметр стійкого закону, t – ступінь свободи 3-ну Стюдента).

Рис. Аналіз розподілів часових рядів індексів хедж-фондів.

Информационно-аналитическая система "OptiBox"

Файл Помощь

Формирование портфеля | Статистический анализ выборки | Графический анализ | Нечётко-множественный подход

Добавить инструмент +

Удалить инструмент -

Очистить портфель

Составляющие портфеля	Распределение	Цена	
D:\Учеба\Диссертация\Выборки\2006-2000(10)\Convertible_arb.txt	Устойчивый	1,88	400 0,485
D:\Учеба\Диссертация\Выборки\2006-2000(10)\Distressed.txt	Устойчивый	1,76	400 1,051
D:\Учеба\Диссертация\Выборки\2006-2000(10)\Emerging_market.txt	Устойчивый	1,9	400 0,186
D:\Учеба\Диссертация\Выборки\2006-2000(10)\Event driven.txt	Стюдент	7	400 0,78

Тип оптимизационной задачи

☒ минимизация риска

☐ максимизация прибыли

Функция потерь

☒ линейный вид

☐ квадратичный вид

Срок вложения, мес 12

Капитал инвестора \$ 1000

Минимальная прибыльность в год, % 10

Длина выборки 200

Уровень значимости alpha (%) 90

Ограничение степени риска (%) 8

Мера риска

☐ Conditional Drawdown at Risk

☒ Conditional Value at Risk

Значения мер риска

VaR 32,392

CVaR 42,391

CDaR

Произвести расчёт

Рис. Панель параметрів оптимізації портфелю.

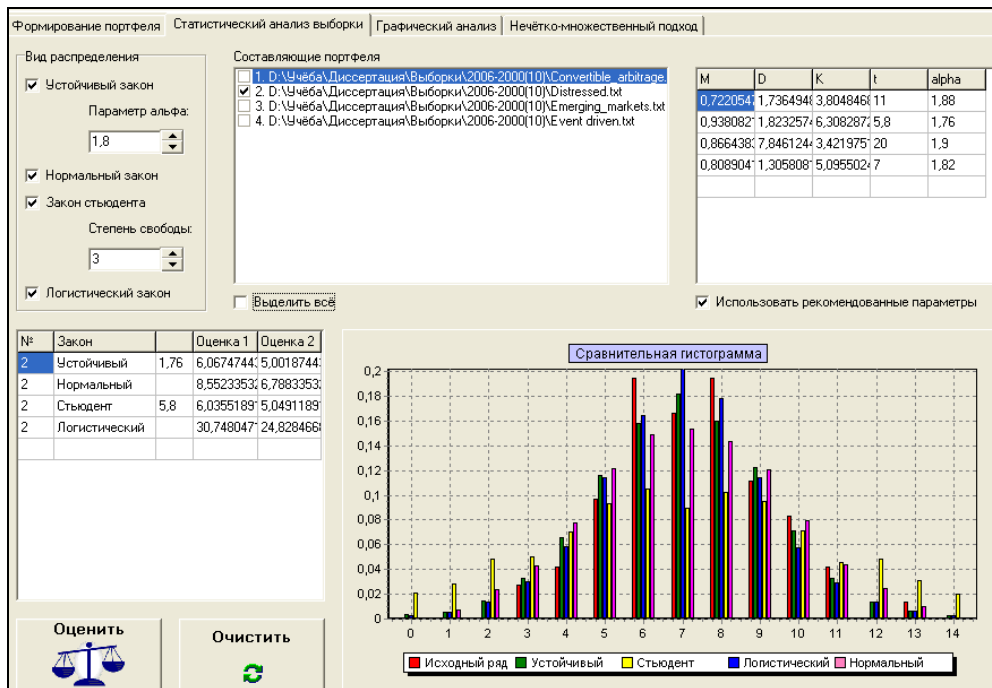


Рис. Панель статистичного аналізу системи.

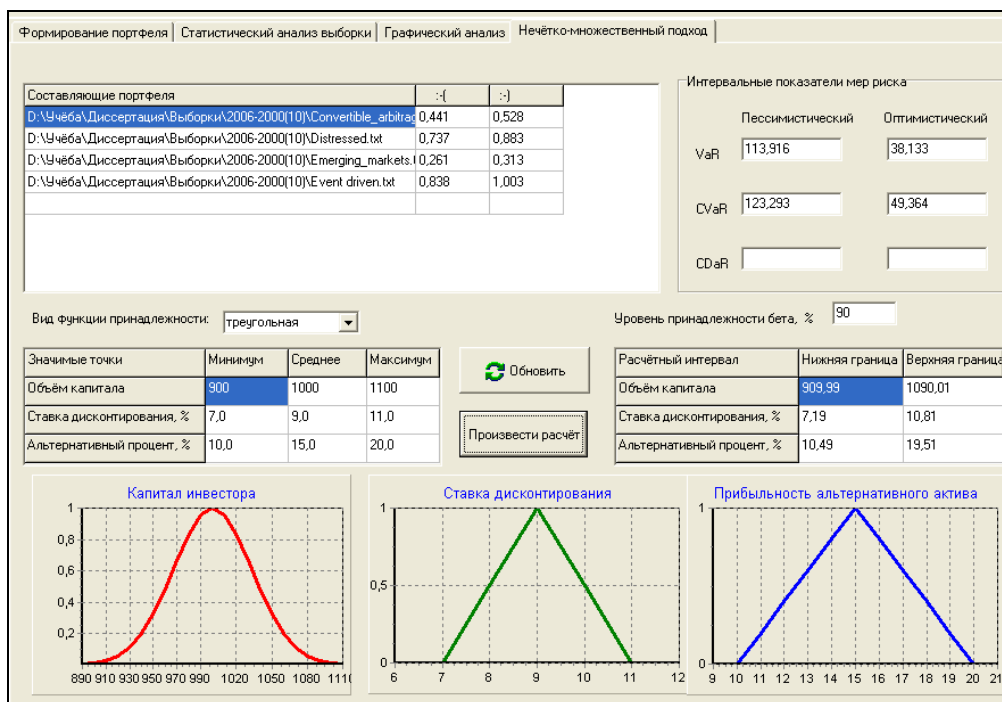


Рис. Панель формування портфелю інвестора.

## 15. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання (вагомі монографії, підручники, посібники, наукові статті, дисертації, інші публікації).

### Навчальні посібники:

1. Згуровський М.З. Байєсівські мережі в системах підтримки прийняття рішень (навчальний посібник) / Згуровський М.З., Бідюк П.І., Терентьев О.М., Просьянкіна-Жарова Т.І. – К: ТОВ “Видавниче підприємство Едельвейс”, 2015. – 300 с. – ISBN 978-966-2748-73-4

### Монографії:

1. Бідюк П.І., Гожий О.П. Ймовірісно-статистичні методи моделювання і прогнозування // Миколаїв, Чорноморський державний університет імені Петра Могили, 2015. – 440 с.

### **Патенти та авторські свідоцтва:**

А. с.64117 України. Комп'ютерна програма "IMLBayesNet" [Текст] / О. М. Терент'єв, >П. І. Бідюк< , В. Е. Кириченко, Н. О. Св'язінська (Україна). – № 64562; заявл. 17.12.2015; опубл. 16.02.2016, Бюл.№39. <http://sips.gov.ua/ua/bulleten-copyright-digital-ver>  
Пат. 100283 Україна, МПК G06K 9/00. Спосіб розпізнавання образів / О. С. Меньяйленко, >П. І. Бідюк< , О. І. Захожай ; власник ДЗ "Науково-навчальний комплекс "Інститут прикладного системного аналізу" НТУУ "КПІ". - № 201411325 ; заяв. 17.10.2014 ; публік. 27.07.2015, Бюл. № 14.

### **Захищені кандидатські дисертації:**

- **Загірська Ірина Олександрівна** – Тема: «Оцінювання рівня передачі радіонуклідів з ґрунту у рослини за допомогою динамічної мережі Байєса». – Дата захисту: 1 грудня 2015 р. (Науковий керівник: проф. Бідюк П.І.)
- **Бондаренко Валерія Вікторівна** – Тема: «Моделювання часових рядів з використанням фрактального броунівського руху». – Дата захисту: лютий 2016 р. (Науковий керівник: проф. Бідюк П.І.)
- **Солошенко Олександр Миколайович** – Тема: «Моделі і методи оцінювання кредитоспроможності фізичних осіб». – Дата захисту: 4 жовтня 2016 р. (Науковий керівник: проф. Бідюк П.І.)

### **Захищені докторські дисертації:**

- **Гожий Олександр Петрович** – Тема: «Інформаційні технології динамічного планування та прийняття рішень на основі ймовірно-статистичних методів». – Дата захисту: 26 серпня 2016 р. (Науковий керівник: проф. Бідюк П.І.)

### **Статті:**

1. Бідюк П.І., Щербань М.М. Modeling and forecasting macroeconomic processes / Науково-практична конференція «Перспективи та інновації у прогресивному середовищі», Київ, 25 квітня 2015 року, с. 43-46.
2. Бідюк П.І., Кузнєцова Н.В. Нейронні та мережі Байєса у задачі аналізу кредитних ризиків // Реєстрація, зберігання та обробка даних, 2015, Том 17, № 2, с. 61 – 51.
3. Бідюк П.І., Трухан С.Ю. Методика побудови математичних моделей актуарних процесів // East European Journal of Progressive Technologies, 2015, No. 1(73), pp. 27 – 35.
4. Бідюк П.І., Рубець М. В. Інформаційна система для моделювання та оцінювання операційних ризиків методами штучного інтелекту // Системні науки і кібернетика, № 1, 2015. – с. 5 – 29.
5. Бідюк П.І., Белевець М., Кузнєцова Н.В. Розробка системного підходу до менеджменту ризиків // Системні науки і кібернетика, № 1, 2015. – с. 30 – 48.
6. Bidyuk P.I., Karayuz I.V. Forecasting GDP growth rate in Ukraine with alternative models // Applied Computer Science, vol. 11, No. 3, 2015, Poland, pp. 88 – 97.
7. Bidyuk P.I., Matsuki Y., Danylov V.J., Yevtushenko K.I. Expected effect of environmental investment on market share of oil company // Системні дослідження та інформаційні технології, № 3, 2015. – с. 84 – 96.
8. Терент'єв О. М. Моделювання фінансових ризиків з використанням наївного та доповненого деревом класифікаторів у формі байєсівських мереж/ О. М. Терент'єв, В. Е. Кириченко, Н. О. Св'язінська Т. І. Прос'янкіна-Жарова // Наук. вісті НТУУ "КПІ". - 2016. - № 2. - С. 60-68. - Режим доступу: <http://bulletin.kpi.ua/article/view/63882> ISSN 1810-0546
9. Бакун С. А. Методика побудови скорингових карт із використанням платформи SAS / С. А. Бакун, П. І. Бідюк //Наук. вісті НТУУ "КПІ". - 2016. - № 2. - С. 23-32. - Режим доступу: <http://bulletin.kpi.ua/article/view/67487> ISSN 1810-0546
10. Prosyankina-Zharova T.I., Terentiev O.M., Bidyuk P.I. and Makukha M.P. Features of SAS Enterprise Guide for probabilistic modeling system, macroeconomic analysis and forecasting // Journal of Mathematics and System Science. – NY: David Publishing Company, USA, 2016. – 112-122 p. – ISSN 2159-5291, USA. – doi: 10.17265/2159-5291/2016.03.003



## **16. Надати ключові слова до розробки**

**(укр.)**

Система підтримки прийняття рішень, інтелектуальний аналіз даних, сценарій, планування, прогнозування, ризик, скорінг, імовірнісне моделювання, байєсівський підхід, модель Урясева і Рокафелара.

**(рус.)**

Система поддержки принятия решений, интеллектуальный анализ данных, сценарий, планирование, прогнозирование, риск, скоринг, вероятностное моделирование, Байесовский подход, модель Урясева и Рокафелара.

**(eng.)**

Decision support system, data mining, scenarios, planning, forecasting, risk management, scoring, probabilistic modeling, Bayesian approach, Uryasev and Rockafellar model.